

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва інституту/факультету)

КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри
Владислав ШЛИКОВ
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” 2020 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою Біомедичні прилади і інформаційні системи
(назва)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код та назва)

на тему: Інструмент факоемульсифікації з непродольно крутильними коливаннями

Виконала: студентка IV курсу, групи БП-61
(шифр групи)

Наумкіна Зоя Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доц. каф. БМІ, к.т.н., доц. Зубчук Віктор Іванович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Консультант 3 доц. каф. ОППЦБ, к.н.т. доц. Демчук Гліб Вікторович
(номер розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Нормоконтролер ст. викл. каф. БМІ Юр'єва Катерина Олександрівна
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент проф. каф. ББЗЛ, д.м.н., проф. Попадюха Юрій Андрійович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020

4. Зміст дипломної роботи (перелік завдань, які потрібно розробити) вивчення методу видалення катарактальних утворень за допомогою апарата факоемульсифікації, ознайомлення з аналогічними методами лікування, створення

структурної та функціональної схем, розрахунок електричної схеми роботи п'єзодвигуна, проведення експериментів з навантаження рупора та голки, створення візуальної моделі.

5. Перелік ілюстративного матеріалу презентація на 19 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3	доц. Демчук Г. В.	13.04.2020	06.05.2020

7. Дата видачі завдання 24.02.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	13.04–24.04.2020	
2	Розробка практичної частини ДР	27.04–15.05.2020	
3	Оформлення розділу з «Охорони праці»	15.05–18.05.2020	
4	Оформлення ДР	18.05–01.06.2020	
5	Отримання рецензії та відгуку	03.06–07.06.2020	
6	Здача роботи на нормоконтроль	05.06.2020	
7	Подання пакету документів по ДР до захисту ЕК	07.06.2020	
8	Захист ДР	16.06.2020	

Студент

(підпис)

Зоя НАУМКІНА

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор ЗУБЧУК

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: «Інструмент факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями».

Обсяг звіту становить 51 сторінку, міститься 23 ілюстрації. Загалом опрацьовано 22 джерела.

Актуальність: Модернізація ручки факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями дозволить максимально можливо уникнути проблем з термічними ускладненнями, закупорками УЗ інструменту та покращити роботу всього апарату.

Мета: Модернізувати ручку факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями.

Завдання: Ознайомлення з методом видалення катарактних утворень за допомогою апарату факоемульсифікації; ознайомлення з аналогічними методами лікування; створення структурної та функціональної схем; розрахунок електричної схеми роботи мікроп'єзодвигуна; створення візуальної моделі.

Основні результати: Зроблено огляд літератури, створено структурну та функціональну схеми, розроблено принципову електричну схему, розраховано елементи електричної принципової схеми п'єзоелемента та генератора крутильного моменту, проведено моделювання роботи схеми, розроблено корисну модель ручки для факоемульсифікації та проведено аналіз розподілу напружень на рупорі та голці.

Ключові слова: ультразвук, катаракта, факоемульсифікація, аспірація, іригація, п'єзоелемент.

ABSTRACT

Theme of thesis: «The phacoemulsification handle with non-longitudinal torsional oscillations»

The volume of the graduation work is 51 pages, contains 23 illustrations. In total, 22 sources have been processed.

Relevance: the modernization of the phacoemulsification handle with non-longitudinal torsional oscillations will allow to avoid problems with thermal complications as much as possible, with blockages of the ultrasound instrument and improve the operation of the whole device.

Purpose: to upgrade the phacoemulsification handle with non-longitudinal torsional oscillations.

The task: to study the method of cataract removal with the help of a phacoemulsification device; to get acquainted with similar methods of treatment; to create structural and functional schemes; to calculate the electrical circuit of the micropiesse engine; to create a visual model..

Main results: literature on related subjects was reviewed, a structural and functional scheme were created, a basic electrical scheme was developed, the elements of the electrical schematic diagram and the torque generator were calculated, a simulation of the scheme was performed, a useful model of the handle for phacoemulsification was developed and the stress distribution analysis on the horn and needle was analyzed.

Key words: ultrasound, cataract, phacoemulsification, aspiration, irrigation, piezoelectric element.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Анатомо-гістологічні особливості будови органа зору	9
1.2 Огляд існуючих методів лікування захворювань ока	13
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Створення структурної та функціональної схеми апарата факоемультсифікації.....	18
2.1.1 Структурна схема апарату для факоемультсифікації	18
2.1.2 Функціональна схема об'єкта факоемультсифікації	19
2.2 Розробка принципової електричної схеми роботи	21
2.3 Моделювання роботи ручки факоемультсифікації	31
Висновки до розділу 2.....	38
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	39
3.1 Характеристики системи та її складові частини	39
3.1.1 Характеристики системи	39
3.1.2 Складові частини системи.....	41
3.2 Оцінка потенційних небезпечних факторів, що створюються конструкцією системи та заходи їх усунення	42
3.2.1 Небезпека враження людини електричним струмом	42
3.2.2 Небезпеки при роботі з ультразвуковими випромінювачами	44

					БП61.04.2505.1191			
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Наумкіна З.М.				Інструмент факоемультсифікації з непродольно крутильними коливаннями	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Зубчук В.І						6	51
Реценз.	Попадюха Ю.А.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБМІ БП-61		
Н. Контр.	Юр'єва К.О.							
Затвердив	Шликов В.В.							

3.2.3 Небезпека займання	45
3.3 Розробка «Інструкції по техніці безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту»	46
Висновки до розділу 3	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

					БП61.04.2505.1191	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Людське око функціонує для забезпечення зору шляхом передачі світла через прозору зовнішню ділянку, рогівку, і далі фокусує зображення за допомогою кришталіка на сітківці. Коли вік або захворювання призводять до зниження прозорості кришталіка, зір погіршується, внаслідок зменшення світла, переданого на сітківку. Цей дефект ока в медицині відомий як катаракта[1,2,3].

В останні роки за кордоном і в провідних клініках України метод емульсифікації захворювань ока з використанням факоінструменту у вигляді рухомої факоголки став новим стандартом в хірургії як вікових, так і травматичних катаракт. Тому надзвичайно важливо знати особливості роботи та будови апарата факоемульсифікації при лікуванні.

Актуальність теми полягає в тому, що модернізація ручки факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями дозволить максимально можливо уникнути проблем з термічними ускладненнями, закупорками УЗ інструменту та покращити роботу всього апарату.

Метою роботи є модернізація ручки факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- вивчення методу видалення катарактних утворень за допомогою апарата факоемульсифікації;
- ознайомлення з аналогічними методами лікування;
- створення структурної та функціональної схем;
- розрахунок електричної схеми роботи п'єзодвигуна;
- створення візуальної моделі.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Анатомо-гістологічні особливості будови органа зору

Зір – це складний біологічний процес, який забезпечує людину можливістю сприйняття різних форм, розмірів та кольорів предметів. Він є наслідком роботи групи внутрішніх органів, що містяться в зоровому аналізаторі.

Зоровий аналізатор – це особливе сенсорне поєднання органів, що складається з трьох частин периферичної, провідникової та центральної. Перша представляє собою очну орбіту, придатки (сльозні залози ока, система слюзових шляхів, кон'юнктивний мішок повік та очного яблука), окремі зорові шляхи, регулюючі м'язи. А друга та третя частини - центральний зоровий нерв та потиличні частини кори головного мозку.

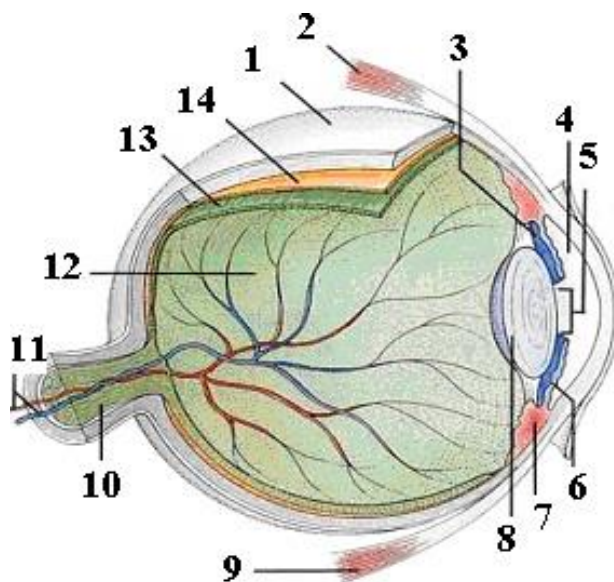


Рисунок 1.1 – Будова ока[4]

На даному рисунку: 1 - склера; 2, 9 – м'язи ока; 3, 6 – райдужка; 4 – передня камера очного яблука; 5 – зіниця; 7 – війкове тіло; 8 – кришталик; 9 – м'яз очного яблука; 10 – диск зорового нерву; 11 – зоровий нерв; 12 – склисте тіло; 13 – сітківка; 14 – судинна оболонка.

Відомо, що очне яблуко оточене декількома оболонками задля передачі інформації від об'єкта до головного мозку.

Перша оболонка має назву зовнішньої. Вона представляє собою щільну фіброзну оболонку з прикріпленими до неї м'язами очного яблука, що виконує захисну функцію та обумовлює сферично подібну форму ока.

Зовнішня оболонка ока складається з рогівки у вигляді прозорої частини та склери.

Середньою оболонкою називають сплетіння кровоносних судин та клітин з пігментами, що перешкоджають проникненню світла через склеру. Така оболонка утворена райдужкою, зіницею, через яку промені світла проникають всередину очного яблука і досягають сітківки та саме судинами.

Останньою оболонкою вважають внутрішню – сітківка, оснажена певною кількістю рецепторів для сприйняття світла, зміна електричних властивостей нейронів і передачі інформації в центральну нервову систему.

Форма кришталика контролюється склистим тілом, що змінює силу фокусування лінзи за необхідності. Рогівка та кришталик фокусують зображення на сітківці в задній частині ока. Якщо зображення проектується занадто далеко перед сітківкою, це викликає дефект зору, який називається короткозорістю, тобто міопія (myopia).

Якщо зображення теоретично орієнтоване «позаду» сітківки, результатом є далекозорість (hyperopia). Якщо деформації кришталика немає, зображення проектується на структуру біля центру сітківки, яка містить велику кількість фоторецепторів і забезпечує найгостріший зір [5], що зображено на рисунку 1.2.

					БП61.04.2505.1191	Лист 10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

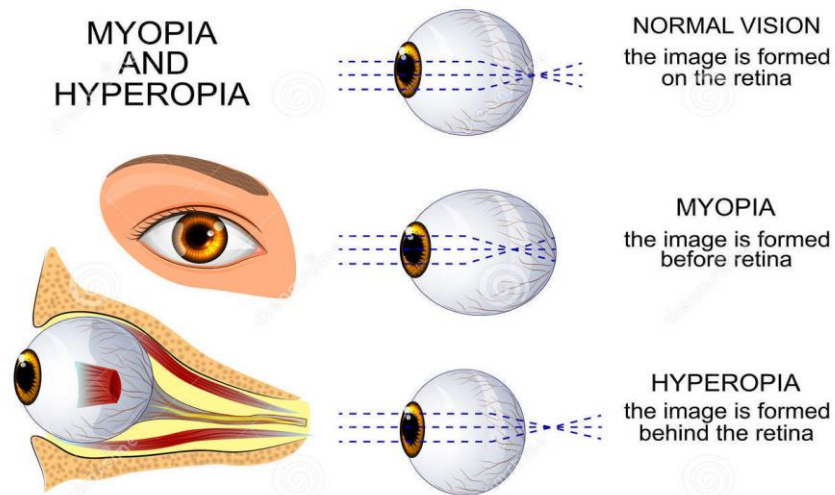


Рисунок 1.2 – Короткозорість та далекозорість[6]

Коли вік або захворювання призводять до зниження прозорості кришталіка (утворення нальоту, помутніння), зір погіршується внаслідок зменшення світла, переданого на сітківку. Цей дефект кришталіка ока в медицині відомий як катаракта [1,2,3]. Прийняте лікування даного захворювання полягає в хірургічному видаленні кришталіка і його заміні на штучну інтраокулярну лінзу (ІОЛ), що виконує функції кришталіка.

При катаракті (рис.1.3) водонерозчинні білки поступово заміщують водорозчинні, що забезпечують прозорість кришталіка. Цей процес супроводжується супутнім запаленням і набряком кришталіка.

Катаракта - це хронічне прогресуюче захворювання, що є незворотнім без хірургічного втручання.

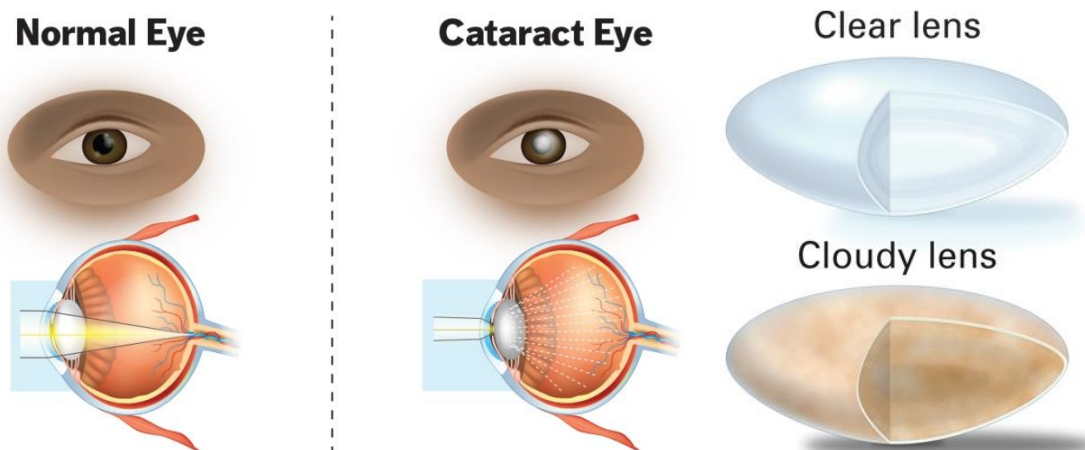


Рисунок 1.3 – Катарактальне утворення [7]

Старіння є найбільш поширеною причиною. Це пов'язано з фізіологічними змінами в оці, починаючи приблизно з 40 років. Саме тоді нормальні білки в кришталіку починають руйнуватися, що змушує лінзу ставати мутною.

Існують декілька основних типів катаракти:

1. Субкапсулярна, виникає лише на задній частині лінзи. У зоні ризику люди, що хворіють на діабет та стероїднозалежні пацієнти.
2. Ядерна катаракта, утворюється глибоко в центрі кришталіка лінзи. Вона виникає лише у літніх людей і прогресує дуже повільно.
3. Клиновидна катаракта, що характеризується білим помутнінням, які починаються на периферії кришталіка. Даний тип катаракти виникає лише в зоні кори основного кришталіка.

На сьогоднішній день, велика кількість уражених катарактальним нальотом кришталіків лікується за допомогою хірургічного втручання під назвою факоемульсифікація.

1.2 Огляд та класифікація діючих методів лікування ока

В останні роки за кордоном і в провідних клініках України метод емульсифікації захворювань ока з використанням факоінструменту у вигляді рухомої факоголки став новим стандартом в хірургії як вікових, так і травматичних катаракт.

Процедуру екстракапсулярної екстракції катаракти, при якій видаляють кришталик або передню частину його капсули називають факоемульсифікацією. Екстракція включає довгий розріз рогівкового або корнеосклерального клапана з подальшим видаленням помутніння і кришталика ручним апаратом факоемульсифікації та імплантацією нової лінзи.

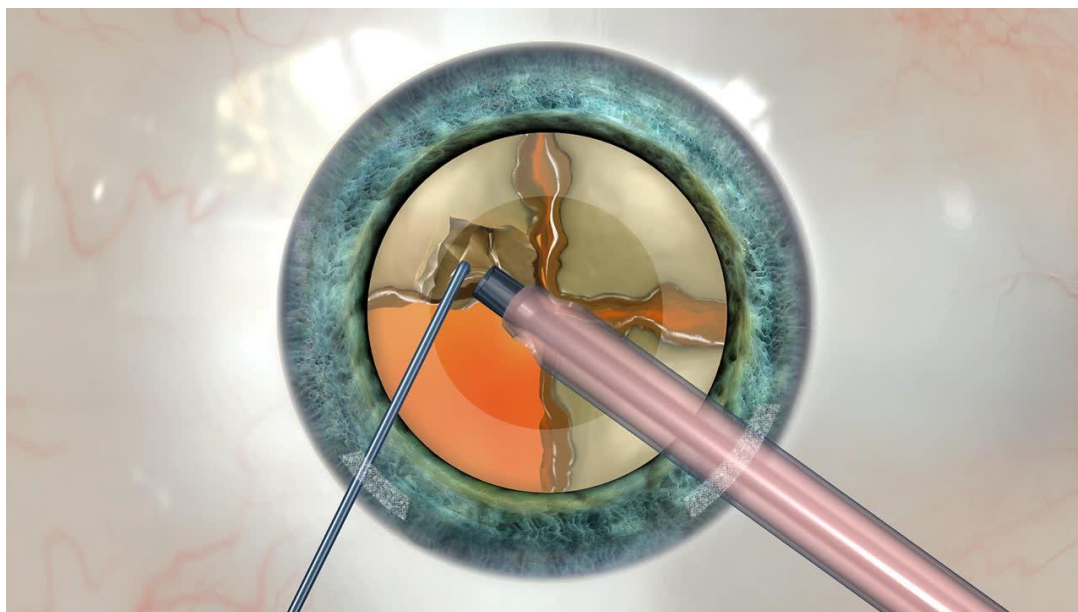


Рисунок 1.4 – Модель факоемульсифікації [8]

Традиційно механізм ультразвукового руйнування кришталика полягає у впливі на нього факоголки, що здійснює надшвидкі зворотно-поступальні коливання в ультразвуковому діапазоні. Ультразвукові коливання можуть мати характер поздовжніх, крутильних або вигинистих, а також поєднуватися в різних пропорціях, утворюючи композитні коливання різної форми в поєднанні з вигнутою факоголкою Кельмана[9, 2].



Рисунок 1.5 – Модель торсіонної факоемульсифікації[10]

Для таких коливань факоголки використовують додаткову робочу частота (32 кГц) [11]. За рахунок нестандартної будови факоголки Кельмана ротаційні рухи трансформуються в рухи, траєкторія яких близька до поперечних коливань[2]. Програмне забезпечення дозволяє формувати різні поєднання поздовжніх і торсіонних ультразвукових коливань за вибором хірурга-офтальмолога, а також застосовувати модульовані режими ультразвуку.

Клінічні дослідження[9, 12] показують, що по статистиці ураження заднього шару епітелію і ступінь втрати клітин при використанні торсіонного методу факоемульсифікації набагато нижче аналогічних показників при використанні традиційної емульсифікації. Торсіонні рухи покращують

контроль над ходом операції, зменшує тривалість хірургічного втручання, а також знижує ризик хірургічної травми переднього шару ока.

Серед недоліків даного виду факоемульсифікації відзначаються короткочасні закупорки ультразвукової факоголки [13].

На даний час, половина операцій з видалення катаракти пов'язана з ядрами кришталика середньої щільності з частковими ураженнями. Торсіонна факоемульсифікація забезпечує гарну можливість захвату уражених ділянок, але лише з цим типом катаракти.

При збільшенні амплітуди вище, традиційної поздовжньої факоемульсифікації, спостерігається підвищення фактичної кількості теплової енергії на 30-40% в порівнянні з поздовжньою при тому ж рівні потужності.

Для проведення захвату ядра через аспіраційну лінію апарату, що використовує торсіонні рухи необхідна невелика подача енергії, перш ніж розділити його на квадранти. Потім потужність підвищують, даний вид факоемульсифікації допускає більш низький рівень вакууму, ніж поздовжній, тому що він не створює значно велику відразливу силу. Відокремлений квадрант швидко всмоктується в наконечник форми Кельмана під кутом 0,9 мм без часткової закупорки.

Це значно спрощує хірургічне втручання, але не унеможлиблює повну втрату оклюзії, нагрів факоінструменту та ушкодження заднього шару епітелію.

Існує також система еліптичної факоемульсифікації. Вона використовує поперечні та повздовжні ультразвукові коливання, в результаті чого рух робочого кінця прямої факоголки стає наближеним до еліпсу[2]

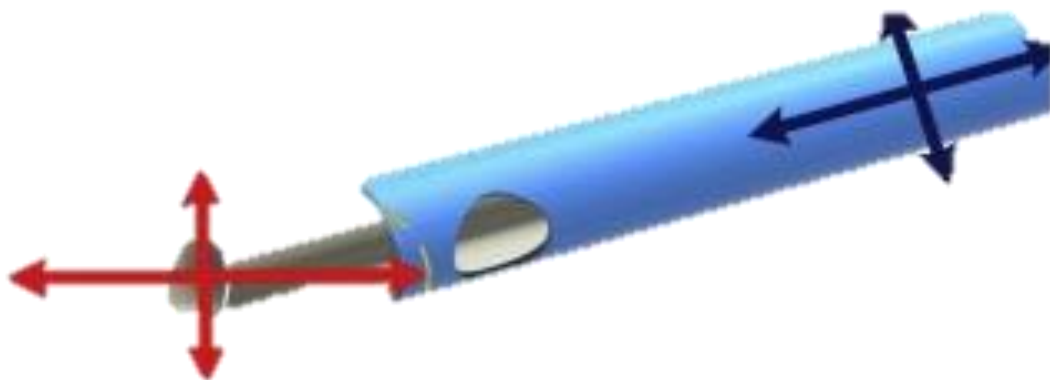


Рисунок 1.6 – Модель еліптичної факоемульсифікації[10]

Робоча частота еліптичних коливань (37,1 кГц), як правило, відрізняється від основної поздовжньої (37,8 кГц), що робить можливим перехід між частотами і створення композитних коливань різної форми [9,14]. Однак, перевагою еліптичного ультразвуку є можливість функціонувати як з голкою Кельмана, так і з прямою голкою в порівнянні з торсіонним методом.

Торсіонний режим роботи вимагає більш меншого використання часу операції і енергії факоемульсифікації. Хоча при роботі еліптичних факоручек протягом одного тижня після операції спостерігалось поліпшення та зменшення набряку рогівки.

Резюмуючи вищесказане, стає очевидним, що використання ультразвукового інструмента з непродольними та крутильними рухами у поєднанні стане кроком вперед на шляху підвищення користі та ефективності емульсифікації катаракти.

Висновки до розділу 1

У ході аналітичного огляду літератури з теми дипломної роботи були проаналізовані основні особливості будови зорового апарату людини, гістологічно досліджені хвороби ока на приклад традиційні найпоширеніші методи лікування вище зазначеного захворювання було розглянуто основні види діючих способів видалення катарактних утворень та проаналізовано основні особливості їх роботи.

Огляд методів дав обґрунтування вибору шляху модернізації апарата факоемульсифікації у напрямку з'єднання непродольних та крутильних коливань.

					БП61.04.2505.1191	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вузол ручного блоку приєднується до консолі управління за допомогою електричного кабелю та за допомогою нього консоль змінює величину потужності, що передається ручним блоком на приєднану ріжучу голку. Гнучка трубка подає іригаційну рідину на ділянку хірургічного втручання і виводить аспіраційну текучу середу з ока через вузол аспірації, що забезпечений датчиком тиску та дренажним мішком.

2.1.2 Функціональна схема вузла

Функціональна схема вузла виміру частоти зображена на рис. 2.2.

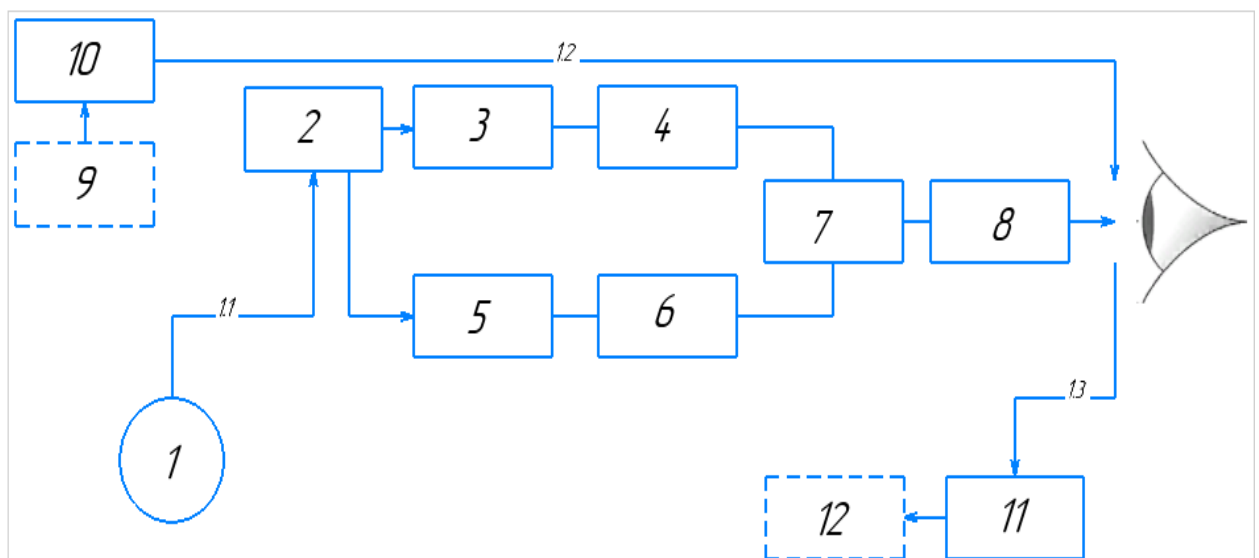


Рисунок 2.2 – Функціональна схема апарата факоемульсифікації

У даній схемі: 1 – керуючий пристрій, 2 – блок живлення, 3 – синхронний RS-тригер, 4 – п'єзокерамічний актуатор, 1.1 – джгут для під'єднання до джерела живлення, 1.2 – лінія іригації, 1.3 – лінія аспірації, 5 –

електромеханічний трансформатор, 6 – п'єзокерамічна пластина, 7 – рупор, 8 – голка, 9 – блок іригації, 10,11 – вимірювач тиску, 12 – блок аспірації.

Керуючий пристрій призначений для регулювання роботи ручного блоку факоемульсифікатора та здійснення перемикання режимів, налаштування частоти і амплітуди вихідного сигналу генераторів.

На пари п'єзоелектричних актуаторів, що працюють в резонансному режимі впливають двофазні сигнали з тригера, що створює вібраційні коливання з частотою від 20 до 200 кГц. Так на кордоні декількох робочих поверхонь генератора та внесеного в нього рупора утворюються частотні гармоніки, що викликають момент здавлювання з поворотом

Результуючий ефект забезпечує обертання рупора з голкою.

					БП61.04.2505.1191	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка принципової електричної схеми роботи

П'єзоелектрична кераміка являє собою систему із твердо фазних полікристалів, яка зовсім нечутлива до зміни атмосферного тиску, вологості й інших атмосферних впливів.

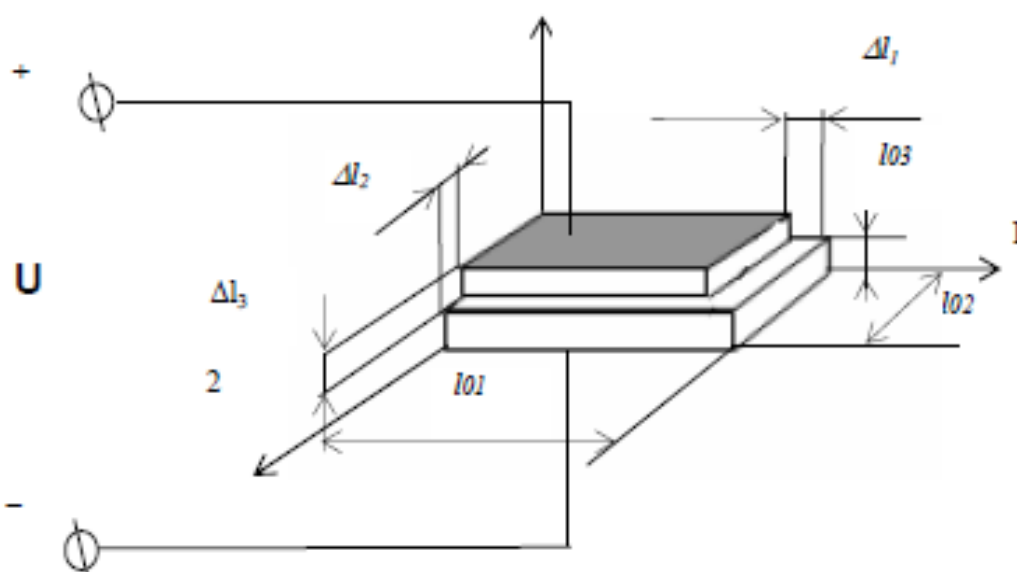


Рисунок 2.3 – Вектори деформації п'єзoeлементa [15]

Деформація п'єзoeлементa створюється коли ми надаємо електродам деяку електричну напругу, що створює механічну напругу під електродами та по всій поверхні елементa. Тобто електрична енергія від генератора перетворюється в механічну.

Розглянемо зв'язок між деформацією п'єзoкeрамiки APC 881/880 і прикладеною напругою на прикладі п'єзoeлементa, що виконаний у вигляді плоскопаралельної пластини, з розмірами $L_1 \times L_2 \times L_3=80 \times 40 \times 2$ (мм).

МАТЕРИАЛ	842/ 840	844/ 841	851/ 850	854/ 855	881/ 880	NA/856
Относительная диэлектрическая проницаемость /Relative Dielectric Constant						
$K^T = \epsilon_{33}/\epsilon_0$	1375/1250	1500/1350	1950/1750	3400/3400	1030/1000	4100
Тангенс угла диэлектрических потерь /Dielectric Dissipation Factor (Dielectric Loss) (%) [*]						
$\tan\delta$	0.45/0,4	0.4/0,35	1.5/1,4	1.7/1,9	0.4/0,35	2,7
Точка Кюри /Curie Point (°C) ^{**}						
T_c	325/325	320/320	360/360	180/200	310/310	150
Коэффициент электромеханической связи /Electromechanical Coupling Factor (%)						
k_p	0.65/0,59	0.68/0,60	0.71/0,63	0.77/0,68	0.58/0,50	0,65
k_{33}	0.48/0,72	0.48/0,86	0.51/0,72	0.52/0,76	0.46/0,62	0,73
k_{31}	0.35	0.33	0.36	0.40	0.30	0,36
k_{15}	0.70	0.67	0.68	0.66	0.55	0,65
Пьезоэлектрический модуль / Piezoelectric Charge Constant (10^{-11} C/Nили 10^{-11} m/V)						
d_{33}	300/290	300/300	400/400	650/600	260/215	620
$-d_{31}$	125	109	175	276	95	260
d_{15}	480	450	590	720	330	710
Пьезомодули по напряжению (чувствительность) / Piezoelectric Voltage Const. (10^{-3} Vm/Nor 10^{-3} m ² /C)						
g_{33}	26.3/26,5	24.5/25,5	24,8/26	20.9/21,0	26.7/25	18,5
$-g_{31}$	11	10.5	12.4	9.0	10	8,1
g_{15}	38	35	36	27	28	25
Модули Юнга /Young's Modulus (10^{10} N/m ²)						
Y_{11}^E	8.0/8,0	7.6/7,6	6.3/6.3	5.9/5,9	9.0/9,0	5,8
Y_{33}^E	6.8/6,8	6.3/6,3	5.4/5,4	5.1/5,1	7.2/7,2	4,5
Частотные постоянные /Frequency Constants (Hz·mm/s)						
N_L (продольной моды / longitudinal)	1524	1700	1500	1390	1725	-
N_T (толщиной моды /	2050/2005	2050/2005	2040/2032	2040/1785	2050/2110	1800

Рисунок 2.4 – Характеристики п'єзокераміки APC [15]

При дії електричного поля відбувається деформація пластини по трьох координатах. Геометричні розміри елемента зміняться і будуть відповідати $L_1 - \Delta L_1$, $L_2 - \Delta L_2$, $L_3 - \Delta L_3$.

Визначаємо подовження зразка по осі 1, Знаючи значення п'єзомодуля кераміки, з якої виготовлений п'єзоелемент моделі:

$$\Delta L_1 = d_{31} \cdot E_1 \cdot L_1 \quad (2.1)$$

$$\Delta L_1 = 7,6 \text{ мкм}$$

де d_{31} -п'єзомодуль, E_1 – напруженість електричного поля .

В подальшому для складання математичної та електричної моделі п'єзодвигуна будуть потрібні і інші параметри. До них відносяться:

1. Коефіцієнт пружності елемента K_y (Н/м), де Y_{13} – модуль Юнга.

$$K_y = \frac{Y_{11} \cdot L_2 \cdot L_3}{L_1}, \quad (2.2)$$

$$K_y = \frac{9 \cdot 10^{10} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3}} = 9 \cdot 10^7$$

2. Коефіцієнти прямого і зворотного п'єзоефектів K_p і K_o , Н / В

$$K_p = K_o = Y_{11} \cdot d_{31} \cdot L_2, \quad (2.3)$$

$$K_p = 9 \cdot 10^{10} \cdot 95 \cdot 10^{-12} \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0,342$$

Можемо побачити, що коефіцієнти із розрахунків зворотного і прямого п'єзоефектів рівні між собою.

3. Електрична ємність елемента С, Ф

$$C_0 = \frac{\varepsilon_{33} \cdot \varepsilon_0 \cdot (1 - K_{EM31}^2) \cdot L_1 \cdot L_2}{L_3} \quad (2.4)$$

$$C_0 = \frac{1030 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot (1 - 0,17^2) \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1.416 \cdot 10^{-9},$$

де K_{EM31}^2 - коефіцієнт електромеханічного зв'язку, який в свою чергу дорівнює 0,17, ε_0 - електрична постійна ($8,85 \cdot 10^{-12}$).

4. Деформація під дією зовнішнього механічного навантаження, МКМ

$$\Delta_{1F} = \frac{F_c \cdot L_1}{S_0 \cdot Y_{11}} \quad (2.5)$$

де $F_c = 100$ - зовнішня прикладена зусилля вздовж третьої осі.

$$\Delta_{1F} = \frac{100 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{10}} = 1,11$$

5. Власна частота елемента ω (без механічного навантаження), $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$

$$\omega_{01} = \frac{1,58}{L_1} \sqrt{\frac{Y_{11}}{\rho_M}} \quad (2.6)$$

$$\omega_{01} = \frac{1,58}{80 \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{10}}{7600}} = 670964,4$$

6. Резонансна частота електромеханічної системи (ω_p , $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$) розраховується з урахуванням коефіцієнта електромеханічного зв'язку

$$\omega_p = \frac{\omega_{01}}{\sqrt{1 - K_{\text{ЕМ} 31}^2}} \quad (2.7)$$

$$\omega_p = \frac{670964,4}{\sqrt{(1 - 0,17^2)}} = 680968,3$$

7. Ширину смуги пропускання ($\Delta\omega$, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$) розрахуємо з урахуванням добротності $Q_m = 1000$

$$\Delta\omega = \frac{\omega_p}{Q_m} \quad (2.8)$$

$$\Delta\omega = \frac{680968,3}{1000} = 680,9683$$

Як правило, п'єзoeлемент представлений через енергетичну коливальну систему з розподіленими по всій площині характеристиками – масою, діелектричною проникністю, в'язкістю та акустичним випромінюванням.

Для опису провідності або опору в області близьких до резонансу частот, використовують еквівалентну схему заміщення із заданими елементами, значення яких постійні і не залежать від амплітуди і частоти коливань.

Така еквівалентна схема у вигляді коливального контуру зображена на рисунку 2.5.

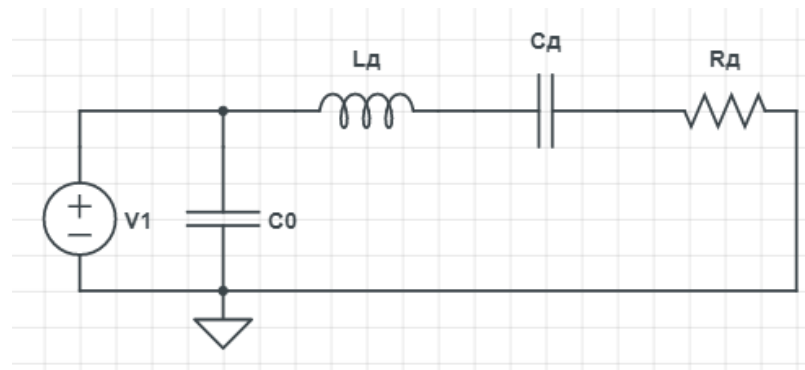


Рисунок 2.5 – Еквівалентна схема п'єзоелемента

На цій схемі C_0 - ємність між електродами п'єзоелемента, L_d , R_d , C_d - динамічні індуктивність, опір і ємність із активними втратами в п'єзоелементі.

Значення індуктивності послідовного коливального контуру отримуємо з урахуванням того, що індуктивний опір електричної системи має дорівнювати інерційному опору механічної системи:

$$L = V \cdot \rho, \quad (2.9)$$

де V - об'єм пластини п'єзоелемента, тоді

$$V = L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 \quad (2.10)$$

$$L = L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot \rho \quad (2.11)$$

$$L = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 7600 = 0,048$$

8. Ємність між електродами п'єзoeлементa визначається як

$$C_0 = \frac{1}{\omega_p^2 \cdot L} \quad (2.12)$$

$$C_0 = \frac{1}{680968,3^2 \cdot 0.048} = 4.4 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$$

9. Опір електричної моделі визначимо з формули

$$R = \frac{\omega_p \cdot L}{Q_m} \quad (2.13)$$

$$R = \frac{680968,3 \cdot 0.048}{1000} = 32.68 \text{ Ом}$$

Розрахунок резонансу для п'єзoмoди коливань здійснюється за формулою

$$f^p = \frac{c_{31}}{2 \cdot L_1} \quad (2.14)$$

$$f^p = \frac{5,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 80 \cdot 10^{-3}} = 33.75 \text{ кГц}$$

Далі з формули знаходиться частота антирезонанса.

$$f^a = \frac{f^p}{\sqrt{1 - K_{EM\ 31}^2}} \quad (2.15)$$

$$f^a = \frac{33,75 \cdot 10^3}{\sqrt{(1 - 0,17 \cdot 0,17)}} = 34,28 \text{ кГц}$$

Конструкція генераторів ультразвукових коливань використовує енергію блока живлення. Схема приладу включає два основних вузла: блок генерації крутильного моменту (п'єзoдвигун NSD - 2101) і блок генерації непродуктивного моменту (наноенергетичне джерело LTC 3588-1).

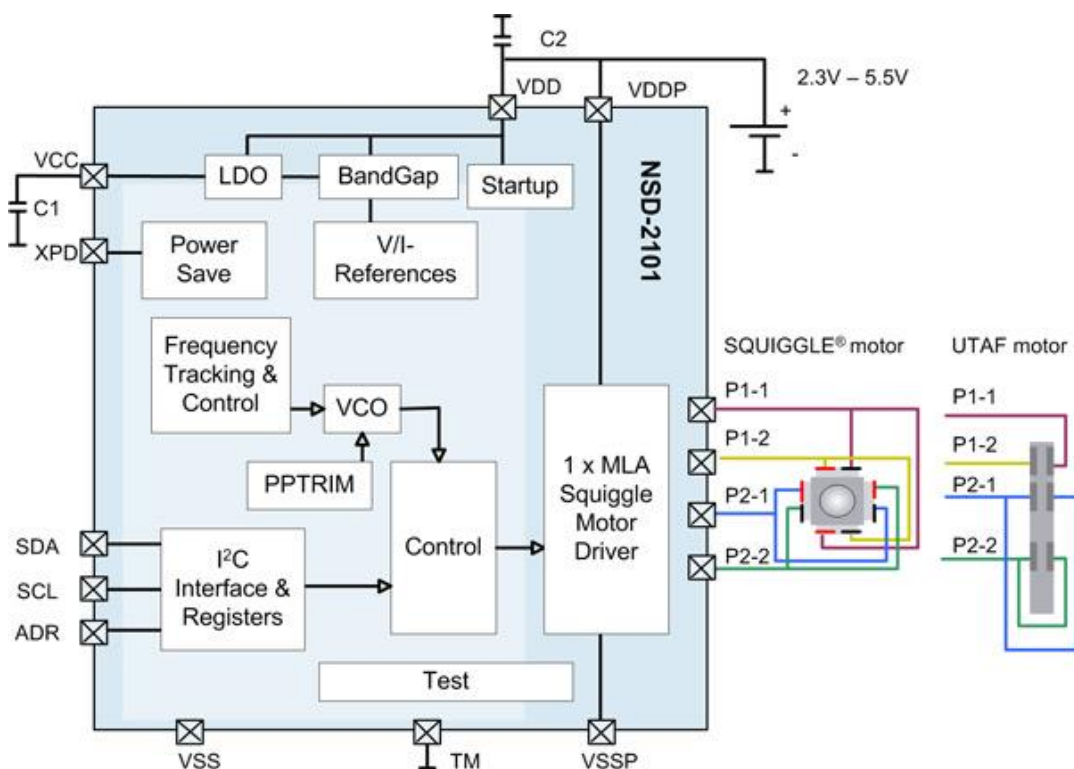


Рисунок 2.6 – Прототипний п'єзодвигун NSD – 2101 [17].

NSD-2101 здатний оптимізувати частоту приводу за допомогою команди, підбирати діапазон частот, орієнтованих у визначений період, та встановлювати частоту, на якій були виявлені найкращі показники роботи двигуна [16].

Момент повороту рупору з голкою можливо завдяки роботі п'єзопривода на синхронному RS-тригері.

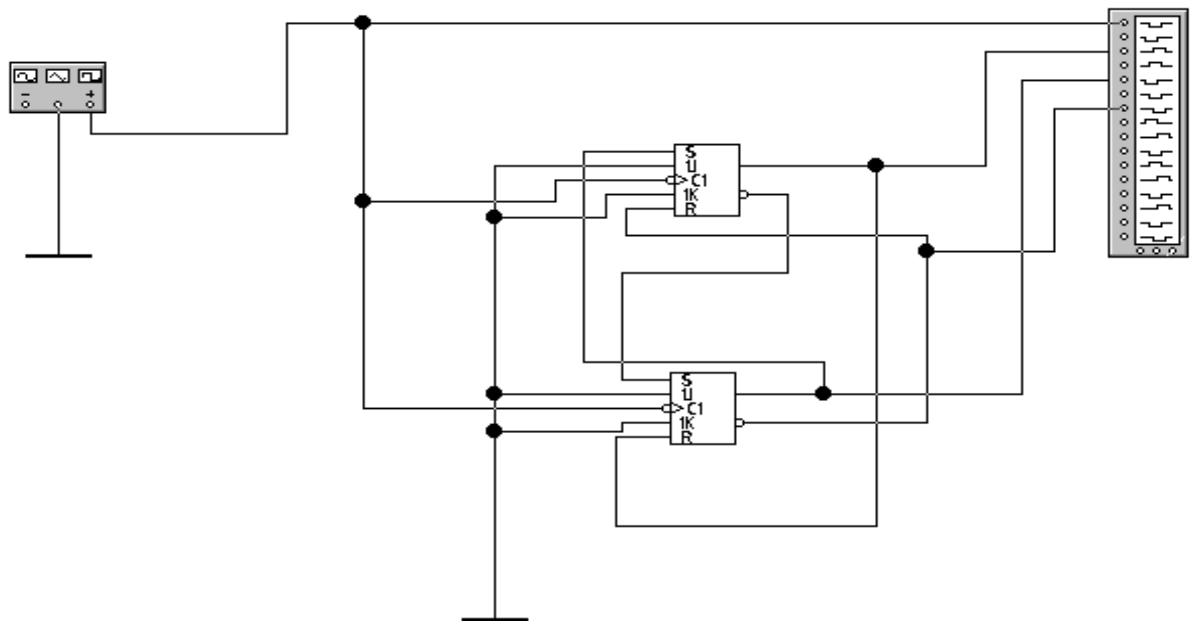


Рисунок 2.7 – Генератор крутильного моменту на синхронному RS-тригері

Специфікація:

вхід: $V_{in}(max) = 220V$

$V_{in}(min) = 2,5V$

вихід: $V_{out} = 5V$

$I_{load}(max) = 2A$

Результуюча сила забезпечує обертання вала рупора щодо нерухомої частини, закріпленої второпластовим кільцем. Залежно від зсуву фаз керуючих сигналів можна отримувати обертання гвинта як в право (за годинниковою стрілкою), так і проти годинникової стрілки - вліво.

Частота рухів залежить від розмірів п'єзоактуаторів і знаходиться в діапазоні від 30 до 200 кГц. Сили здавлювання з поворотом опорного рупора з голкою виникають внаслідок дії механічних коливань на кордоні робочих поверхонь рупора та п'єзоактуатора.

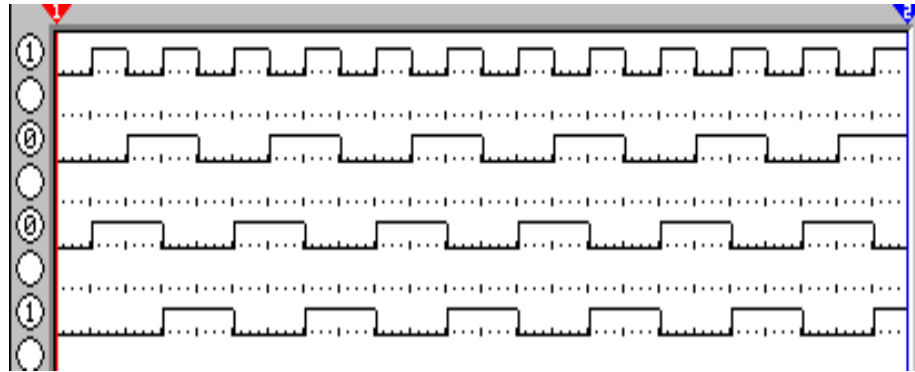


Рисунок 2.8 – Моделювання роботи генератора

Промодельовавши роботу блока генерації крутильного моменту можемо побачити, що робоча частота повороту становить $\sim 32\text{--}37\text{ кГц}$, що повністю підходить під вираховану резонуючу частоту п'єзопластини (33,75 кГц) для створення непродольних коливань.

Це є доцільним для роботи ручки, порівнюючи з відомими частотами торсіонної (32 кГц) та еліптичної факоемульсифікації (37,1 кГц) [18].

2.3 Моделювання роботи ручки факоемульсифікації

Сучасні факомащини, складаються з генератора, підключеної до нього рукояткою з титанової голкою, яка коливається в поздовжньому чи крутильному напрямку на ультразвукових частотах[19].

Кришталик руйнується на дрібні фрагменти факоголкою, через порожнистий центральний отвір, де відбувається іригація та аспірація через відведений порожнистий канал, типова насадка (ковпачок), якого представлена на рис.2.9.

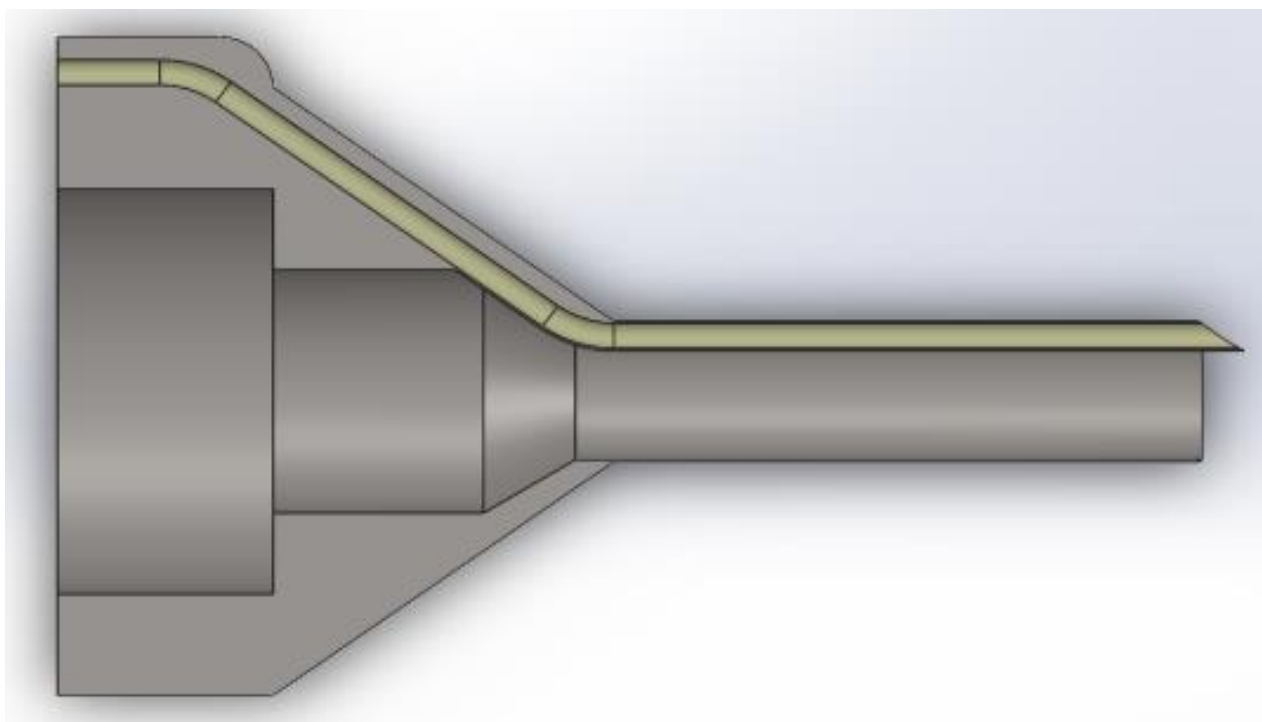


Рисунок 2.9 – Насадка на голку з порожнистим отвором для аспірації

Рівновага між процесами аспірації катарактальних мас та іригації є дуже важливим аспектом, від якого залежить успіх операції. По всій лінії

аспірації підтримується сталий тиск 500 мм рт.ст. та швидкість подачі перестатичного потоку фільтруючої речовини 30 см³/хв.

Модернізований робочий елемент ультразвукового інструменту у вигляді порожнистої голки, оточеної захисним ковпачком, виробляє ультразвукові коливання частотою в 33,75 кГц, які використовуються для дроблення і емульсифікації щільних мас кришталіків непродольно крутильними рухами.

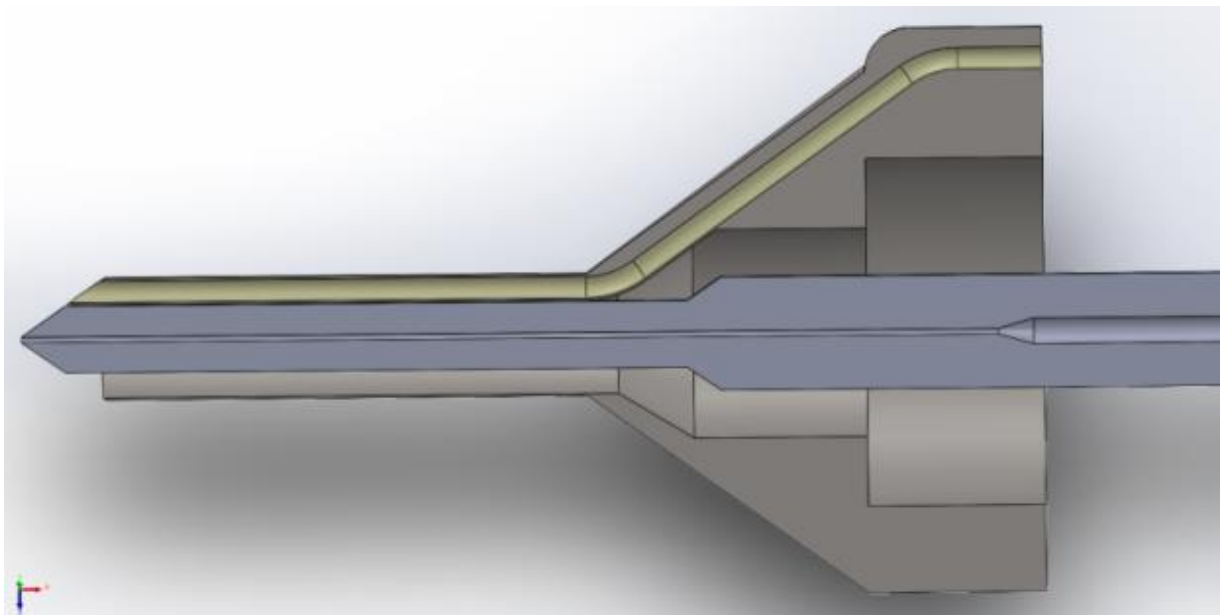


Рисунок 2.10 – Елемент з'єднання УЗ голки с іригаційним каналом та аспіраційною трубкою

Внутрішня частина є каналом для подачі аспіраційної рідини до порожнини ока.

Розроблена факоручка являє собою центрально розташований порожнистий резонуючий рупор, безпосередньо з'єднаний з голкою для подрібнення та аспірації помутніння. Дане з'єднання закріплене з однієї

					БП61.04.2505.1191	Лист 32
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

сторони второпластовим кільцем задля отримання фіксованого крутильного моменту.

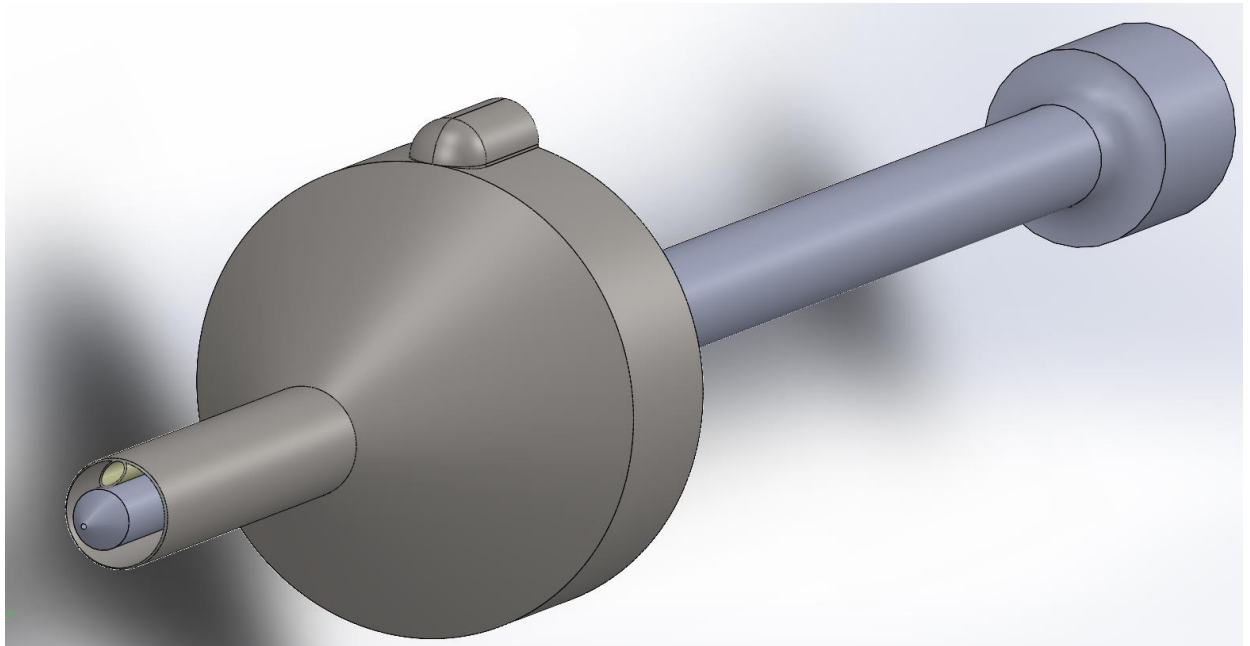


Рисунок 2.11 – Модель з'єднання рупора з ковпачком

Дистальна частина рупора знаходиться в сполученні з генератором крутильних коливань, тобто з п'єзокерамічним актуатором в парі з синхронним RS-тригером, а також з парою «електромеханічний трансформатор/п'єзокерамічна пластина» на медіальній частині рупора для генерації непродуктивного моменту.

Кристали п'єзокерамічної пластини та п'єзокерамічного актуатора створюють необхідні ультразвукові коливання для приведення в дію як рупора, так і приєднаної ріжучої голки в процесі факоемульсифікації і управляються консоллю (монітором).



Рисунок 2.12 – Монітор апарата

Іригаційний потік проходить іригаційний рукав до факоручки через доступ в 1,2 мм на висоті іригаційної бутілі 80см зі швидкістю в 25 мл/хв. Аспіраційну магістраль (касету) регулює педаль. Вивідна здатність системи залежить лише від діаметра отвору аспіраційної трубки та від рівня вакууму, що заданий на моніторі.



Рисунок 2.13 – Аспіраційна касета [20]

Для виконання 3D моделі та аналізу її роботи було створено складальне креслення факоручки(рис.2.13).

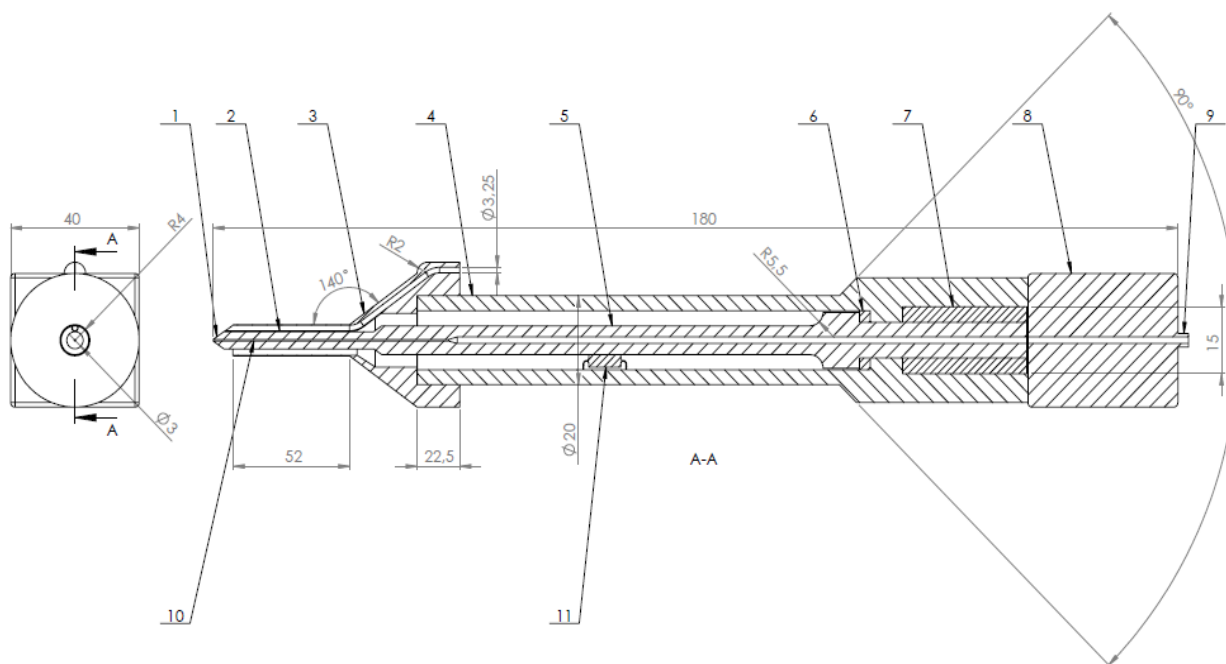


Рисунок 2.14 – Складальне креслення

На даному рисунку: 1 – ріжуча голка, 2 – трубка аспірації, 3 – захисний ковпачок, 4 – захисний кожух, 5 – рупор, 6 – второпластове кільце, 7 – п'єзодвигун NSD - 2101, 8 – трансформатор(генератор імпульсів), 9 – вихід для іригаційної речовини, 10 – іригаційна лінія, 11 – наноенергетичне джелеро LTC 3588-1.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

БП61.04.2505.1191

Лист
35

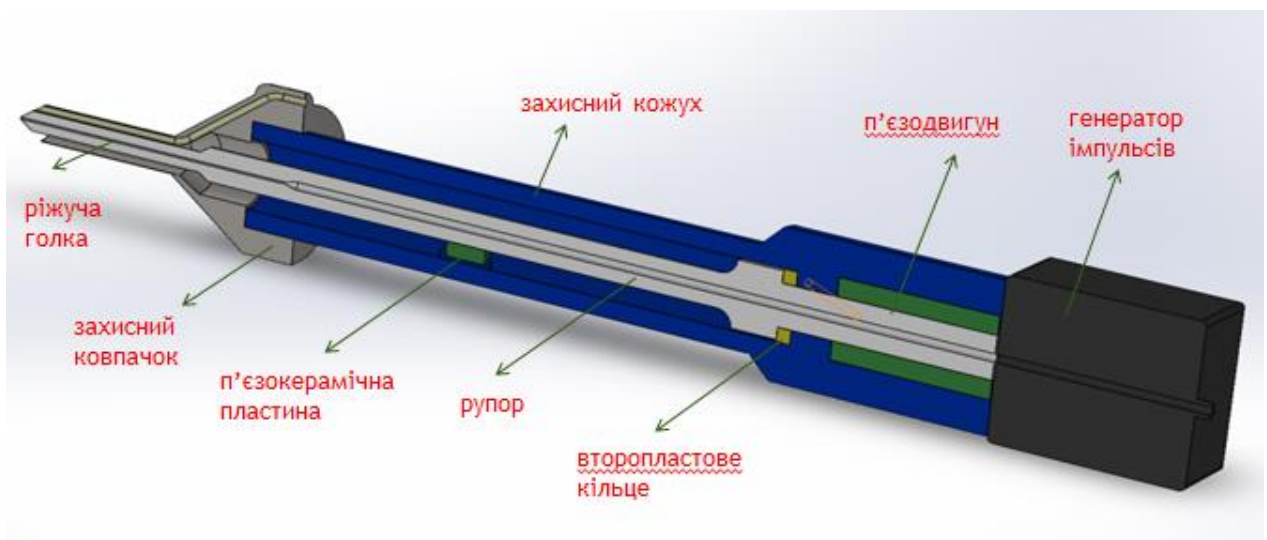


Рисунок 2.15 – 3D модель модернізованої ручки факоемульсифікатора

Ультразвуковою «голкою», яка здійснює поперечно-крутильні рухи з частотою 34 кГц, тканина кришталіка подрібнюється до кашки, яку втягує аспіратор.

Коли вся щільна частина ядра видалена, за допомогою аспіраційно-іригаційної системи видаляються більш м'які зовнішні шари і полірується капсульна сумка, яка повинна бути очищена максимально ретельно[21].

Дослідження треку факоголки показало, що використання п'єзоелементів зміненої конструкції також викликає непродольні коливання формою, близькою до поперечної у поєднанні з крутильними. Амплітуда руху факоголки склала 15 мкм, контактним режимом від 26,5 до 35,8 кГц, інтенсивністю 8-10 Вт/см², швидкістю розповсюдження ультразвукової хвилі в ≈ 50 ф//с.

Результати розрахунку моделі при задані сили від 0 до $5,085 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ представлені на рис. 2.16.

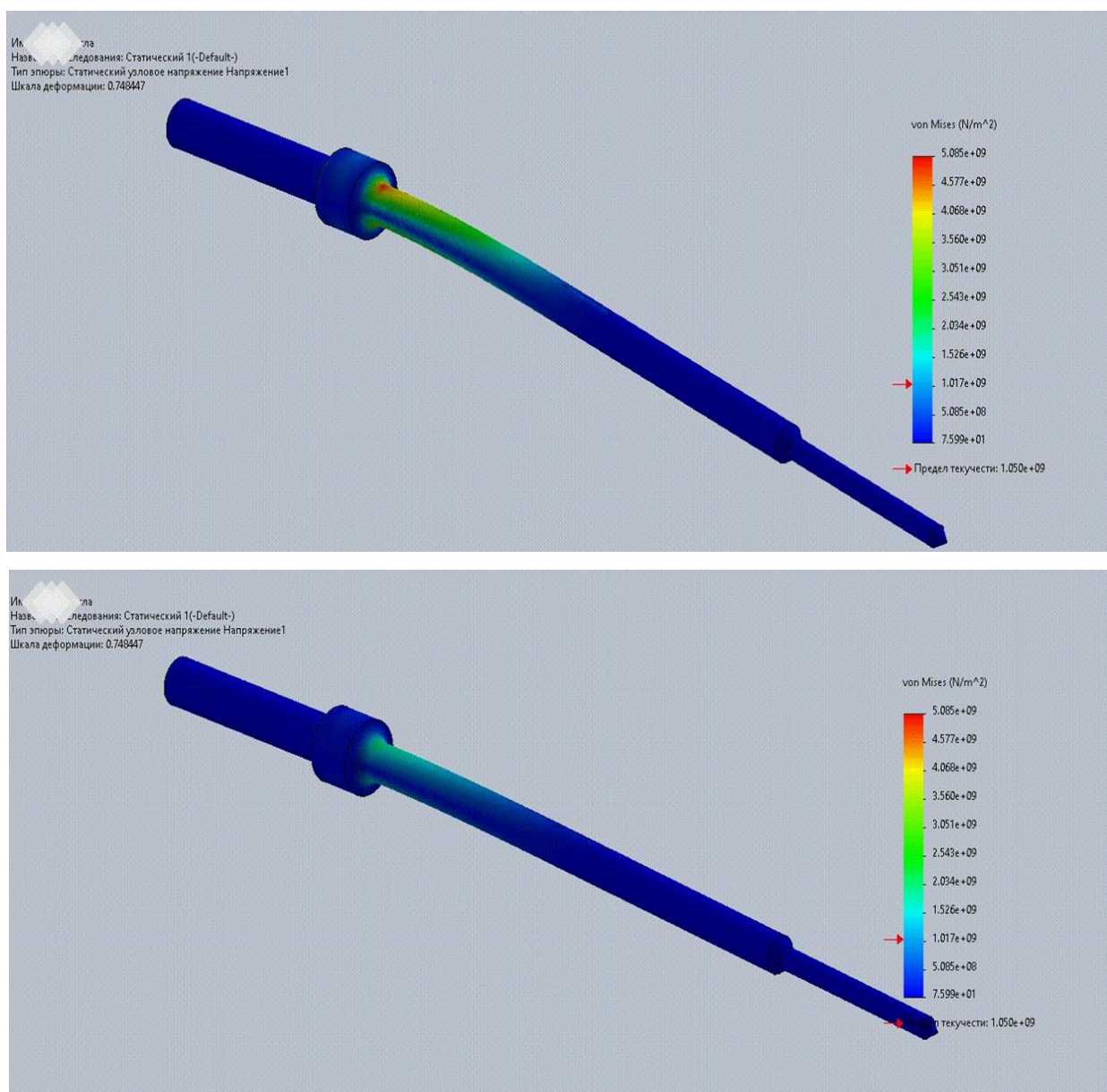


Рисунок 2.16 – Розподіл напружень в факоголці при моделюванні надання навантаження

Розрахунки виконані за допомогою модулю «Solid mechanics», функції «Boundary load». Максимальне значення становить $1,05 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ і локалізується в місці закріплення рупора второпластовим кільцем.

					БП61.04.2505.1191	Лист 37
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до розділу 2

У розділі було досліджено характер роботи апарата факоемульсифікації. Розроблена оновлена конструкція факоголки показала, що представлена конструкція більш краще показує ріжучі здібності ультразвукового елемента та не збільшує продуктивність вільних радикалів, що грають найважливішу роль в утворенні закупорок лінії іригації, пошкодженні ендотелію за результатами моделювання.

Розроблена функціональна, структурна, принципові електричні схеми, а саме еквівалентна схема п'єзоелемента, генератор крутильного моменту на синхронному RS-тригері та розраховані елементи даних схем.

Обрано середовище проектування і спроектовано зовнішній та внутрішній вигляд виносної факоручки для виконання видалення катарактальних мас.

					БП61.04.2505.1191	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Характеристики системи та її складові частини

3.1.1 Характеристики системи

Оскільки модернізований об'єкт є складовою системи видалення катарактних утворень, то буде розглянута система в цілому.

Основні технічні характеристики наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики системи

№	Найменування приладу та функціональних блоків	Основні характеристики	К-сть	Позиція на рисунку
1	Корпус приладу	Матеріал корпусу титановий сплав 1,5 мм, класвиробу за способом захисту – I, класвиробу за ступенемзахисту B, IP43, вид виконання пристрою, в залежності від умов експлуатації та довкілля – захищене Потужність: 220-240 В; 50-60 Гц	1	
2	Конектор	Модель: Circular Push-Pull, 5-pin	1	
3	Адаптер насичення	Модель: P/N 430-4023-001; зовнішня оболонка: ПВХ.	1	
4	Блок генерації крутильного моменту (п'єзодвигун NSD - 2101)	Напруга живлення 2,3..5 В; температурний режим -30...+125° С; вид виконання пристрою, в залежності від умов експлуатації та довкілля – закриті; клас виробу за способом захисту 1; клас виробу за ступенем захисту BF.	1	1

Продовження таблиці 3.1

5	Блок генерації непродольного моменту (наноенергетичне джерело LTC 3588-1)	Напруга живлення 2.5..18В; Напруга виходів: -0,3В...+18В максимальний струм навантаження 100 мА; температурний режим -42...125° С; вид виконання пристрою, в залежності від умов експлуатації та довкілля – захищене, закрите; клас виробу за ступенем захисту А. захист від короткого замикання.	1	2
6	Рупор(лінія передачі коливання)	Матеріал корпусу: сталь У12А температурний режим 0...42° С; вид виконання пристрою, в залежності від умов експлуатації та довкілля – захищене, закрите.	1	3
7	Пряма голка	Матеріал: сталь 20х13 зовнішня оболонка втулки: ПВХ.	1	4
8	Блок іригації/аспірації	Рівень вакууму 460 мм рт.ст.; вакуумний діапазон 20..500мм рт.ст.; поток аспірації 26 куб.см/хв.; коагуляція: 315 кГц номінальна потужність: 5,5 Вт; напруга до 30В;		5/6

Розроблена система розрахована для використання при наступних умовах навколишнього середовища: відносна вологість 30-75%, атмосферний тиск 85-106 кПа.

3.1.2 Складові частини системи

Складові частини системи представлені на рис. 3.1. Блок генерації крутильного моменту являє собою п'єзодвигун змінної напруги в 5 В, блок генерації непродольного моменту представляє наноенергетичне джерело.

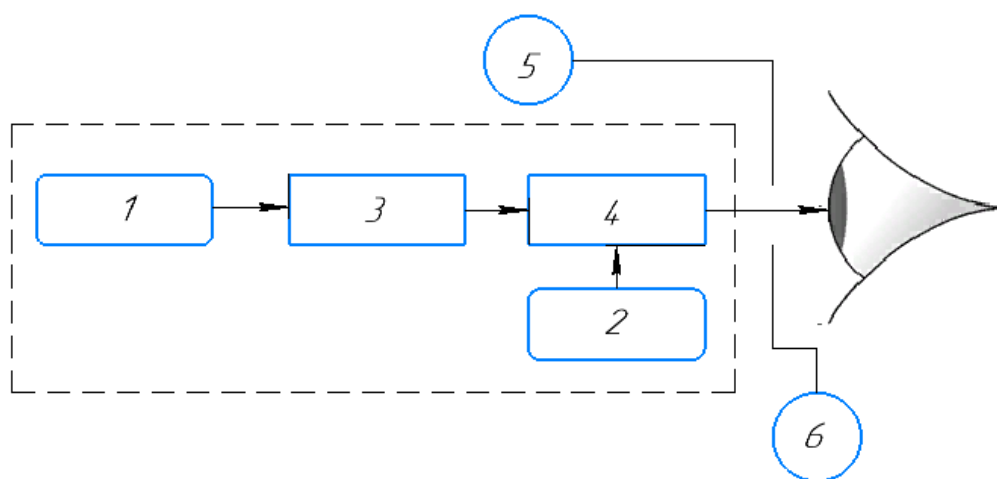


Рисунок 3.1 – Функціональна схема системи.

У даній функціональній схемі: 1 – блок генерації крутильного моменту (п'єзодвигун NSD - 2101), 2 – блок генерації непродольного моменту (наноенергетичне джерело LTC 3588-1), 3 – лінія передачі коливання, 4 – пряма голка, 5 – блок аспірації оживаючої речовини, 6 – блок іригації.

3.1.3 Характер взаємодії в системі «людина-об'єкт»

Засоби отримання інформації про стан підключення ручки до апарату та роботу системи представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Взаємодія об'єкту в системі «людина-об'єкт»

№	Найменування функціонального блоку	Вид відображення інформації	К-сть
1	Блок генерації крутильного моменту (п'єзодвигун NSD – 2101)	Індикатор включення - ЖК-дисплей	1
		Відображення значення напруги – дисплей	1
2	Блок генерації непродуктивного моменту (наноенергетичне джерело LTC 3588-1)	Індикатор включення - ЖК-дисплей Відображення значення напруги – дисплей	1
3	Рупор(лінія передачі коливання)	Відображення значення напруги - ЖК-дисплей	1
4	Блок іригації/аспірації	Відображення значення напруги - ЖК-дисплей	1
		Індикатор заряду батареї на дисплеї	1
		Індикатор перевантаження на дисплеї	1

3.2 Оцінка потенційних небезпечних факторів, що створюються конструкцією системи та заходи їх усунення

3.2.1 Небезпека враження людини електричним струмом

Основною небезпекою є контакт людини зі струмопровідними елементами або такими, що знаходяться під дією напруги (табл.3.3). Тому необхідно порівняти реальні та нормативні значення (табл.3.4) та забезпечити відповідні заходи із охорони праці (табл.3.5).

Таблиця 3.3 - Основні небезпеки електричного характеру

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Блок генерації крутильного моменту (п'єзодвигун NSD – 2101)	Змінний струм	Довготривала робота приладу	Ураження електричним струмом
			Поява високої напруги в результаті помилкового вмикання	Пошкодження блоку живлення

Продовження таблиці 3.3

2	Блок генерації непродольного моменту (наноенергетичне джерело LTC 3588-1)	Змінний струм	Нагрівання елементів рупора та п'єзоелемента	Пошкодження блоку живлення
---	---	------------------	--	-------------------------------

Таблиця 3.4 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Струм в системі	0,1-0,2 А	100 мА

Таблиця 3.5 – Заходи із забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні засоби	Ізоляція струмопровідних частин	Унеможливлення контакту зі струмопровідними частинами
		Запобіжне блокування та попереджувальна сигналізація	Унеможливлення протікання великих струмів при значній напрузі
		Підбір схемних елементів за напругою	Унеможливлення перенагріву елементів та їх виходу з ладу
		Недоступне розташування схемних елементів	Унеможливлення контакту зі струмопровідними частинами
2	Організаційні засоби	Інструктаж з експлуатації	Забезпечення виконання правил безпечної експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані	Унеможливлення контакту з частинами, що під напругою
4	Експлуатаційні	Перевірка на цілісність ізоляції	Забезпечення безпечної експлуатації об'єкту

Обрані заходи з охорони праці спрямовані на захист від небезпеки ураження електричним струмом медпрацівника, що буде користуватися факомашиною, та систему від виходу з ладу окремих її складових у вигляді факоголки та рупора.

3.2.2 Небезпеки при роботі з ультразвуковими випромінювачами

Заходи щодо зниження шкідливої дії ультразвуку мають бути направлені на обмеження впливу шуму та ультразвуку, що передається через повітря, а також контактним засобом.

З боку джерела ультразвуку стінки зовнішньої захисного корпусу повинні бути обклеєні вібропоглинаючим матеріалом.

Таблиця 3.6 - Основні небезпеки, пов'язані ультразвуком

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Блок генерації крутильного/непродольного моменту	Напруга та електричний струм	Стрибок напруги, перенагрів	Створення закупорки, ураження задньої оболонки ока

Таблиця 3.7 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Підвищений рівень ультразвуку	Перенапруга	220 В

Основні методи і засоби зниження впливу небезпечних факторів УЗ випромінювання представлені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Заходи із забезпечення охорони праці при роботі з ультразвуковими випромінювачами

№	Небезпечний і / або шкідливий виробничий фактор	Організаційні методи і технічні засоби захисту, зниження, усунення небезпечного та / чи шкідливого виробничого фактора	Засоби індивідуального захисту працівника
1	Підвищений рівень ультразвуку	Дистанційне керування обладнанням; автоблокування самовключення і самозбудження ультразвукового генератора;	Дві пари рукавичок - гумові (зовнішні) і бавовняні (внутрішні) або тільки бавовняні.

1. Ультразвукові установки повинні бути забезпечені звукоізоляційні кожухами, що забезпечують рівні звукових тисків.

2. Звукоізолюючі кожухи повинні мати сталеві стінки завтовшки не менше 1,5 мм або будь-які металеві стінки, що володіють звукоізолюючої здатністю не меншою, ніж зазначені сталеві.

Робітники, працюючі в умовах впливу ультразвуку, згідно з наказом МОЗ № 246 від 21.05.2007. «Про затвердження порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» підлягають щорічному періодичному медичному огляду та проведенням досліджень вібраційної чутливості.[22]

3.2.3 Небезпека займання

Небезпека пожежі може виникнути внаслідок стрибка напруги, або внаслідок нагрівання окремих деталей та струмопровідних частин системи або їх пошкодження (табл.3.6). Реальні та нормативні значення небезпечних факторів порівняні в табл.3.7.

Невідповідність реальних значень нормативним вимагає створення заходів із охорони праці (табл.3.8).

Таблиця 3.9 - Основні небезпеки, пов'язані з виникненням пожежі

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Блок генерації крутильного моменту	Напруга та електричний струм	Стрибок напруги Коротке замикання	Виникнення пожежі
3	Блок генерації непродуктивного моменту	Електричні іскри	Стрибок напруги	Виникнення пожежі

Таблиця 3.10 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Стрибок напруги	Перенапруга	240 В
2	Нагрівання голки	Перенагрів	40 С

Таблиця 3.11 – Заходи із забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні засоби	Застосування розділових трансформаторів	Дозволяє захистити елементи блоку живлення від стрибків напруги
		Вибір перерізу дротів відповідно до потужності,	Дозволяє зменшити розсіювання потужності і нагрівання струмопровідних частин
2	Організаційні засоби	Інструктаж з експлуатації та техніки безпеки при роботі з електрикою	Навчання з питань безпеки при експлуатації
3	Режимні	При перебоях з постачанням електричної енергії та при пожежі відімкнути від джерела живлення	Унеможливлення електричного пошкодження та згоряння приладу

Обрані заходи з охорони праці створюють умови для безпечного використання системи апарата факоемульсифікації в цілому та модифікованої ручки факоемульсифікації в її складі.

3.3 Розробка «Інструкції по техніці безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту»

1. Налаштування та чищення ручки факоемульсифікації може здійснювати лише медичний персонал не молодше 18 років із закінченою медичною освітою.

2. Персоналу забороняється включати апарат в електричну мережу при пошкодженій ізоляції шнура (кабелю) і корпусу штекера, а також інших

					БП61.04.2505.1191	Лист 46
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

дефектах, при яких можливий дотик персоналу до частин, що знаходяться під напругою.

3. Найманий клінічний інженер має ознайомити лікарів та медперсонал, які користуються факоемульсифікатором, з правилами його безпечної експлуатації.

4. Перед допуском до роботи персонал повинен пройти вступний та первинний інструктаж з техніки безпеки з показом безпечних і раціональних прийомів роботи з реєстрацією в журналах інструктажу

5. Перед підключенням наконечника до пристрою потрібно переконатися, що електричні контакти роз'єму абсолютно сухі, особливо після циклу стерилізації.

6. Забороняється при включеному апараті торкатися робочої частини ультразвукового випромінювача. Під час транспортування необхідно запакувати ручку в упаковку, яка забезпечує її максимальний захист.

7. Під час роботи мають бути дотримані всі зазначені правила безпеки.

8. Після роботи прилад має бути відімкнений від джерела живлення та транспортований у безпечне місце.

Висновки до розділу 3

У даному розділі було розглянуто аналіз потенційно можливих небезпек та шкідливих виробничих факторів, які можуть створюватися конструкцією факоемульсифікатора Також були виокремлені засоби з усунення можливих проблем. Некоректна робота з ультразвуковими випромінювачами є основним небезпечним фактором.

Було розроблено інструкцію по техніці безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту.

					БП61.04.2505.1191	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході даної роботи було розглянуто існуючі методи лікування катаракти та проаналізовано головні особливості видалення катарактальних мас із зіниці. Виходячи із отриманих даних, був вибраний метод для модернізації процесу факоемульсифікації з непродуктивно крутильними коливаннями, особлива форма яких максимально унеможливить втрату оклюзії при аспірації та пошкодження заднього шару епітелію рогівки.

В ході роботи було розроблено структурну та функціональну схему для факоручки (факомашини) з лініями іригації та аспірації, розраховано елементи електричної принципової схеми п'єзоелемента та генератора крутильного моменту, визначено резонуючу частоту контактного режиму 33,75 кГц, амплітуду руху факогочки склала 60 мкм, інтенсивність 8-10 Вт/см² та потужністю 50 Вт.

Проведені дослідження дозволили розробити корисну модель ручки для факоемульсифікації, метою якої є суттєва модернізація структури та функціональних можливостей в проведенні хірургічних операцій, можливість використання прямої голки замість голки Кельмана, забезпечення більш «м'якого» видалення катаракти та зменшення ризику втрати оклюзії аспіраційної лінії.

					БП61.04.2505.1191	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мобильное устройство для введения интраокулярной линзы: пат.№ 2538633С2; заяв.10.01.2010; опуб.27.05.2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/RU2538633C2/ru?q=RU2538633C2> (дата звернення 31.05.2019).
2. Зубчук В. І., Наумкіна З. М. Модернізація інструменту факоемульсифікації для різних типів коливань // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2020. — №7.
3. Зубчук В. І., Наумкіна З. М. Модернізація інструменту факоемульсифікації для різних типів коливань // Фаховий науково-практичний журнал «Біомедична інженерія і технології». – 2020.– №3.
4. Будова та функції зорового аналізатору [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5186598/> (дата звернення 31.05.2019).
5. Gamm David M., Albert Daniel M., Eyeball Anatomy [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.britannica.com/science/eyeball> (дата звернення 31.05.2019).
6. Myopia and hyperopia stock vector. Illustration of myopia and hyperopia [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-myopia-hyperopia-illustration-healthy-eye-eye-image67357321> (дата звернення 31.05.2019).
7. Marsa L. What to Know About Cataracts and Cataract Surgery. Learn about the causes, symptoms and treatment of this common eye problem Anatomy [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.aarp.org/health/conditions-treatments/info-2019/cataracts-eye-disorder.html> (дата звернення 31.05.2019).

					БП61.04.2505.1191	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8. CATARACT SURGERY (PHACOEMULSIFICATION)
[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.orangevilleoptometrists.ca/cataract-surgery-phacoemulsification/>
(дата звернення 01.06.2019).

9. Азнабаев Б. М., Мухамадеев Т. Р., Дибаяев Т. И. Ультразвуковая факоэмульсификация на основе непродольных колебаний // Медицинский вестник Башкортостана. 2012. №6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/ultrazvukovaya-fakoemulsifikatsiya-na-osnove-neprodolnyh-kolebaniy> (дата звернення: 31.05.2020).

10. JingjingYang, A novel phacoemulsification needle with scissor-like motion end effector for reducing heat generation at cornea incision // Sensors and Actuators A: Physical – 2019. – Vol. 288. p 92-100.

11. Ultrasound handpiece: US Patent №20060041220A1; заяв.18.07.2005; опуб. 12.01.2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US20060041220> (дата звернення 31.05.2020).

12. Liu Y., Zeng M., Liu X.. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification; randomized comparative study. J. Cataract Refract. Surg. – 2007. – Vol. 33. p. 287-292.

13. Cionni R.J., Crandall A.S., Felsted D., Length and frequency of intraoperative occlusive events with new torsional phacoemulsification software // J. Cataract Refract. Surg. – 2011. – Vol. 37. p. 1785-1790.

14. Raney B. System and method for controlling a transverse phacoemulsification system with a foot pedal, US Patent №0005712A1 (1 Jan. 2009).

15. Бобцов А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Григорьев В.В. Виконавчі пристрої і системи для мікропереміщень: навч.посіб. – СПб ГУ ІТМО, 2011.– 42, 105с.

16. Piezo Motor Driver ASIC for SQL-RV Series Reduced Voltage SQUIGGLE [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mouser.com/datasheet/2/588/ams_NSD-2101-341325.pdf (дата звернення 31.05.2020).

17. Henderson D. Smart electronics reduce energy consumption and improve performance of piezoelectric ultrasonic motors // *ECN magazine*. 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.newscatech.com/smart-electronics-reduce-energy-use-for-piezo-motors/> (дата звернення 31.05.2020).

18. Steen M.E. Systems and methods for transverse phacoemulsification, US patent №0294087A1 (27 Nov., 2008). заяв.24.05.2007; опуб. 27.11.2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US20080294087A1/en?q=US+20080294087+A1> (дата звернення 31.05.2020).

19. Левіна Д. Історія ультразвукової факоемульсифікації [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://eyesfor.me/history-of-ophthalmology/phacoemulsification-history.html> (дата звернення 31.05.2020).

20. Bethke W. Big Trends in Small-Incision Cataract Surgery [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/big-trends-in-small-incision-cataract-surgery> (дата звернення 31.05.2020).

21. Centurion Vision System Operator's Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://theophthalmologist.com/fileadmin/top/issues/0416/0416-801-alcon-supplied.pdf> (дата звернення 12.05.2019).

22. Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0846-07> (дата звернення 02.06.2020).

					БП61.04.2505.1191	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		